

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 26 MAR 2003  
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 07 530.1

**Anmeldetag:** 22. Februar 2002

**Anmelder/Inhaber:** EPCOS AG, München/DE

**Bezeichnung:** Piezoaktor mit strukturierter Außenelektrode

**IPC:** H 01 L, G 05 D

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 21. Februar 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Woesmaier

**Beschreibung****Piezoaktor mit strukturierter Außenelektrode**

5 Die Erfindung betrifft ein elektrisches Vielschichtbauelement, insbesondere einen Piezoaktor. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines solchen elektrischen Vielschichtbauelements.

10 Es sind Piezoaktoren bekannt, die einen Grundkörper aufweisen, mit einem Stapel von übereinanderliegenden Keramikschichten und dazwischenliegenden Innenelektroden. Die Innenelektroden bestehen aus einer Mischung von Silber und Palladium. Die Keramikschichten enthalten eine Keramik auf der

15 Basis von Blei-Zirkon-Titanat, welche aufgrund ihrer ferroelektrischen Eigenschaften einen piezoelektrischen Effekt aufweist. Aufgrund des piezoelektrischen Effekts dehnt sich die Keramik beim Anliegen einer elektrischen Spannung aus, wodurch Aktoren aus einer solchen Vielschichtkeramik gebildet

20 werden können.

Bei den bekannten Piezoaktoren sind ferner Außenkontakte vorhanden, die durchgehend auf einer Seitenfläche des Grundkörpers aufgebracht sind und die Innenelektroden kontaktieren.

Um die Kosten für die Herstellung der Piezoaktoren zu reduzieren, wird es angestrebt, das Material der Innenelektroden sowie das Material der Außenkontakte durch Kupfer zu ersetzen. Bei den bekannten Piezoaktoren hat die Außenkontakte die Form einer durchgehenden Schicht. Diese Form der Außenkontakte ist für Außenkontakte aus Kupfer nicht geeignet. Bei einer thermischen Belastung, wie sie beispielsweise beim Anlöten von Kontakt elementen an die Außenkontakte auftritt, ergibt sich bei einer durchgehenden Schicht eine Scherbelastung zwischen der Außenkontakte und dem Grundkörper des Piezoaktors, die dazu führt, daß die Grenzfläche zwischen der

Außenelektrode und dem Grundkörper geschädigt wird. Diese Schädigung der Grenzfläche geht einher mit einer Verringerung der effektiven Haftfläche zwischen der Außenelektrode und dem Grundkörper.

5

Ein so hergestellter Piezoaktor ist im Laufe seines Einsatzes einer Vielzahl von mechanischen Dehnbelastungen ausgesetzt, welche ihrerseits wieder zu Scherspannungen zwischen dem Grundkörper und der Außenelektrode führen. Diese zusätzlichen 10 Belastungen führen aufgrund der relativ hohen Stabilität der Kupferelektrode dazu, daß die bei der thermischen Belastung entstandenen Schädigungen sich flächig entlang der Grenzfläche ausbreiten und zu einer Ablösung der Außenelektrode führen. Damit fällt der Piezoaktor aus und kann nicht weiter 15 verwendet werden.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein elektrisches Vielschichtbauelement sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung anzugeben, wobei die Gefahr des Ablösen der Außenelektrode vermindert werden soll. 20

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein elektrisches Vielschichtbauelement nach Patentanspruch 1 sowie durch ein Verfahren zu dessen Herstellung nach Patentanspruch 14. Die weiteren Patentansprüche beziehen sich auf vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Es wird ein elektrisches Vielschichtbauelement angegeben, das einen Grundkörper umfaßt. Der Grundkörper enthält einen Stapel von übereinanderliegenden Keramikschichten und dazwischenliegenden Innenelektroden. An einer Seitenfläche des Grundkörpers ist eine Außenelektrode zur Kontaktierung von Innenelektroden aufgebracht. 30

Die Außenelektrode hat die Form einer Schicht, bei der wenigstens eine Vertiefung vorgesehen ist. 35

An der Stelle der Vertiefung kann die Dicke der Schicht vermindert sein. Dadurch entsteht an dieser Stelle eine Soll-Rißstelle, an der die Zug- und Druckfestigkeit der Schicht beziehungsweise der Außenelektrode vermindert ist. Dadurch

5 genügen schon relativ kleine Scherbelastungen der Außenelektrode gegenüber dem Grundkörper, um an der Soll-Rißstelle einen Riß durch die Schicht zu erzeugen. Dadurch kann die auf die gesamte Schicht wirkende Scherbelastung deutlich verringert werden, da sich die die Scherbelastung erzeugenden Zug-  
10 beziehungsweise Druckspannungen entlang der Schicht beziehungsweise entlang der Oberfläche des Grundkörpers nur noch über einen entsprechend verkürzten Weg aufaddieren können.

15 Insbesondere kann die Schichtdicke an der Stelle der Vertiefungen ein lokales Minimum aufweisen.

Genauso ist es aber auch möglich, die Vertiefung in der Außenelektrode so auszuführen, daß die Außenelektrode an der Stelle der Vertiefung unterbrochen ist. Dadurch wird bereits  
20 bei der Herstellung der Außenelektrode gewissermaßen ein Riß vorgesehen, so daß sich von Haus aus keine großen Scherspannungen durch Addition von Zug- beziehungsweise Druckbelastungen über lange Strecken ergeben können.

Die Außenelektrode kann Bereiche mit im wesentlichen konstanter Schichtdicke aufweisen, was den Vorteil hat, daß die Außenelektrode durch ein Siebdruckverfahren aufgebracht werden kann.  
30 In einer vorteilhaften Ausführungsform des elektrischen Vielschichtbauelements enthält die Außenelektrode Kupfer, wodurch die Materialkosten für das Bauelement reduziert werden können.  
35 Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn die Keramikschichten piezoelektrisch aktiv sind. Dies hat den Vorteil, daß das elektrische Vielschichtbauelement als Piezoaktor verwendet

werden kann. Einen piezoelektrischen Effekt erhält man beispielsweise durch Verwendung einer Blei-Zirkonat-Titanat-basierten Keramik.

- 5 Die Vertiefungen können in Form von Gräben verlaufen, wobei die Gräben sich entlang einer Längsachse erstrecken. Die Projektion dieser Längsachsen auf die außenelektrodenseitige Seitenfläche des Stapsels von übereinanderliegenden Keramikschichten beziehungsweise Innenelektroden schneidet die Innenelektroden in einem Winkel. Dadurch wird gewährleistet, daß jede entlang der entsprechenden Außenfläche des Stapsels verlaufende Innenelektrode kontaktiert werden kann.

10 Dies bedeutet, daß der Winkel  $\alpha$  einen von 0 und  $180^\circ$  verschiedenen Wert annimmt.

- 15 Es können vorteilhaftweise mehrere Vertiefungen äquidistant angeordnet sein. Dies hat den Vorteil, daß die Außenelektrode gleichmäßig in mehrere Bereiche unterteilt ist, was eine entsprechende Reduktion der maximalen auftretenden Scherspannung bedeutet.

20 Es können ferner mehrere Vertiefungen gleichmäßig über die Schicht verteilt sein.

Darüber hinaus ist es auch möglich, mehrere Vertiefungen so anzuordnen, daß sie eine periodisch wiederkehrende Struktur (zum Beispiel Raute, Quadrat) bilden.

- 30 Um die Funktion der Vertiefung als Soll-Rißstelle zu gewährleisten, ist es vorteilhaft, wenn die minimale Schichtdicke am Ort der Vertiefung maximal 75 % der Schichtdicke im Bereich der im wesentlichen konstanten Schichtdicke beträgt.
- 35 Die Außenelektrode kann in Form einer Siebdruckpaste, die Kupferpulver enthält, aufgebracht sein.

Das Aufbringen der Außenelektrode in Form einer Siebdruckpasta hat den Vorteil, daß durch das Verwenden entsprechender Siebdruckmasken eine sichere und gleichmäßige Anordnung von Vertiefungen mit einfachen Mitteln erreicht werden kann.

5

Bei dem Aufbringen der Außenelektrode in Form einer Siebdruckpasta beziehungsweise mittels eines Siebdruckverfahrens ist vorzugsweise darauf zu achten, daß die Vertiefungen eine minimale Breite von  $200 \mu\text{m}$  aufweisen, da ansonsten aufgrund der Konsistenz der Paste beziehungsweise der verwendeten Meshzahl eine definierte Vertiefung nicht mehr gewährleistet ist. Kleinere Vertiefungen lassen sich aufgrund der Dünngflüssigkeit der üblicherweise verwendeten Siebdruckpasta nur mit erhöhtem Aufwand realisieren. Es wäre jedoch denkbar, Vertiefungen mit kleineren lateralen Ausdehnungen zu erzeugen, indem eine strukturviskosere beziehungsweise thixotropere Siebdruckpasta verwendet wird.

Es wird darüber hinaus ein Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Vielschichtbauelements angegeben, das folgende Schritte umfaßt:

a) Herstellen eines Grundkörpers mit einem Stapel von übereinanderliegenden Keramiksichten und dazwischenliegenden Innenelektroden sowie mit einer an einer Seitenfläche des Grundkörpers aufgebrachten Außenelektrode zur Kontaktierung von Innenelektroden, die die Form einer Schicht aufweist und bei der wenigstens eine Vertiefung vorgesehen ist.

30

b) Kontaktieren der Außenelektrode mit einem Kontaktelement unter Ausüben einer Scherbeanspruchung zwischen der Außenelektrode und der Seitenfläche des Grundkörpers.

Üblicherweise werden für die Keramiksichten und die Außenelektrode Materialien verwendet, deren thermische Ausdehnungskoeffizienten voneinander verschieden sind.

Das Verfahren zur Herstellung des elektrischen Vielschichtbauelements hat den Vorteil, daß trotz Ausüben der Scherbeanspruchung aufgrund der durch die Vertiefung gebildeten Soll-

5 Rißstellen beziehungsweise bereits vorhandenen Risse die Gefahr der Ablösung der Außenelektrode vermindert ist.

Trotz der Verwendung von an ihre jeweilige Funktion angepaßter Materialien mit üblicherweise unterschiedlichem thermi-

10 schen Ausdehnungskoeffizienten für Außenelektrode und Keramikschichten erlaubt es die Erfindung, daß das Kontaktieren der Außenelektrode mit einem Kontaktelement durch Löten erfolgt.

15 Bei Verwendung von Kupfer für die Außenelektrode und bei Verwendung einer PZT-Keramik für die Keramikschichten des Stabpels kommt es in Betracht, das Löten bei einer Temperatur  $> 200^\circ \text{ C}$  durchzuführen, was die Verwendung entsprechend hochschmelzender Lote erlaubt. Solche hochschmelzenden Lote haben  
20 den Vorteil, daß sie den Einsatz des elektrischen Bauelements, beispielsweise des Piezoaktors, bei Temperaturen von bis zu  $150^\circ \text{ C}$  erlauben, wie sie beispielsweise am Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs auftreten.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispiele und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt beispielhaft ein elektrisches Vielschichtbau-

element im schematischen Querschnitt

30

Figur 2 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Außenelektrode

35 Figur 3 zeigt unterschiedliche Verläufe von Scherspannungen bei durchgehender und unterbrochener Außenelektrode

Figur 4 zeigt Vertiefungen in Form von Gräben

Figur 5 zeigt entlang eines regelmäßigen Gitters angeordnete Vertiefungen

5 Figur 6 zeigt beispielhaft ein elektrisches Vielschichtbau-element, wobei am Rand des Grundkörpers eine Zwischenschicht ausgebildet ist.

10 Figur 1 zeigt einen Piezoaktor, mit einem Grundkörper 1, der einen Stapel 1a von übereinanderliegenden Keramikschichten 2 und dazwischenliegenden Innenelektroden 3 enthält. Der Piezoaktor beziehungsweise der Grundkörper 1 ist liegend dargestellt. Grund- und Deckfläche des Stapsels 1a befinden sich also auf der rechten beziehungsweise auf der linken Seite von  
15 Figur 1. Die Innenelektroden 3 reichen abwechselnd einmal bis zum oberen Rand beziehungsweise bis zum unteren Rand des Stapsels 1a. Entlang von passiven Zonen 13 ist nur jede zweite Innenelektrode 3 vorhanden, so daß in dieser Zone nur eine sehr geringe Auslenkung des Piezoaktors bei Anlegen einer  
20 elektrischen Spannung zwischen den vom unteren Ende des Stapsels 1a und den vom oberen Ende des Stapsels 1a ausgehenden Innenelektroden 3 resultiert.

An der oberen Seitenfläche 4 des Grundkörpers 1 ist eine Außenelektrode 5 zur Kontaktierung von Innenelektroden 3 aufgebracht. Die Außenelektrode 5 ist mit Vertiefungen 6 versehen. Im Detail zu Figur 1 ist erkennbar, daß die Vertiefungen 6 in Form von lokalen Minima der die Form der Außenelektrode bestimmenden Schicht gegeben sind. Innerhalb der Vertiefung 6 weist die Schichtdicke d ein Minimum  $d_{min}$  auf. Des Weiteren weist die Außenelektrode 5 Bereiche im wesentlichen konstanter Schichtdicke d auf, was bedeutet, daß in diesen Bereichen die Schichtdicke d um weniger als 10 % variiert. Ferner ist im Detail von Figur 1 zu erkennen, daß die Vertiefung 6 eine Breite b aufweist, welche bei Aufbringen der Außenelektrode 5 mittels Siebdruckverfahren ein gewisses Mindestmaß nicht unterschreiten soll, da ansonsten die üblicherweise verwendeten

Siebdruckverfahren speziell angepaßt werden müssen, beispielsweise durch Verwenden einer strukturviskoseren Siebdruckpaste. Die minimale Schichtdicke  $d_{min}$  im Bereich der Vertiefung 6 soll höchsten 75 % der Schichtdicke d der Außenelektrode 5 betragen, da ansonsten die Funktion der Soll-Rißstelle nicht mehr gewährleistet ist.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in Figur 2 beschrieben. Dort ist die Außenelektrode 5 an der Seitenfläche 4 des Grundkörpers 1 an der Stelle der Vertiefung 6 unterbrochen. Dies bedeutet, daß die Schichtdicke d im Bereich der Vertiefung 6 gleich Null ist. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, daß die Außenelektrode 5 bei beispielsweise thermischer Belastung nicht erst am Ort der Soll-Rißstelle reißen muß, sondern daß die Unterbrechungen bereits vorhanden sind und die maximal auftretende Scherspannung schon von Haus aus reduziert ist (vgl. auch die Erläuterung zu Figur 3).

Figur 3 erläutert den Effekt, den das Unterbrechen einer Außenelektrode 5 auf die auftretenden Scherspannungen bei beispielsweise ausgelenktem Piezoaktor hat. Hierzu ist in Figur 3 der Grundkörper 1 eines Piezoaktors schematisch dargestellt. Die Auslenkung des Piezoaktors ist schematisch durch Doppelpfeile dargestellt. Auf der oberen Seite des Grundkörpers 1 ist eine durchgehende Außenelektrode 5a dargestellt. Auf der Unterseite des Piezoaktors beziehungsweise des Grundkörpers 1 ist eine mittels der Vertiefung 6 unterbrochene Außenelektrode 5b schematisch im Querschnitt dargestellt. Zieht man nun für die obere Außenelektrode 5a und die untere Außenelektrode 5b dieselbe Zugspannung (angedeutet durch die beiden Doppelpfeile) in Betracht, so gibt sich für den qualitativen Verlauf der Scherspannung S der unterhalb von Figur 3 gezeigte Verlauf. Dabei beschreibt die Kurve 10 den Verlauf der Scherspannung S in Abhängigkeit von der Längskoordinate z des Grundkörpers 1 für die durchgehende Außenelektrode 5a. Hingegen beschreibt die Kurve 11 den Verlauf der Scherspannung S in Abhängigkeit von der Längskoordinate z des Grund-

körpers 1 für die unterbrochene Außenelektrode 5b. Da sich die Zug- beziehungsweise Druckspannungen im Fall der Außenelektrode 5a über einen längeren Weg addieren, entsteht für die Außenelektrode 5a auch die größere maximale Scherbeanspruchung, in Figur 3 mit  $S_2$  gekennzeichnet.

5 Bei der unterbrochenen Außenelektrode 5b kann sich die Zug- beziehungsweise Druckspannung nur über einen kürzeren Weg addieren, was dazu führt, daß, wie dem Verlauf der Kurve 11 zu entnehmen, eine geringere maximale Scherbeanspruchung  $S_1$  resultiert.

10 Diese niedrigere maximale Scherspannung führt dazu, daß die Gefahr des Abreißens der Außenelektrode 5b bei mechanischer Beanspruchung, beispielsweise durch Ziehen an mit der Außenelektrode 5b verbundenen Drähten oder auch durch eine Vielzahl von Auslenkungen des Piezoaktors, reduziert ist.

15

Eine günstige minimale Breite b beträgt zirka 200  $\mu\text{m}$ . Eine typischerweise durch Siebdruckverfahren herstellbare Schichtdicke d beträgt zirka 15 - 25  $\mu\text{m}$ .

20 Figur 4 zeigt Vertiefungen 6 in einer Außenelektrode 5 in Form von entlang einer Längsachse 7 verlaufenden Gräben. Figur 4 ist eine Draufsicht auf eine beispielhafte Außenelektrode 5. Es sind ferner Linien 8 in Figur 6 gezeigt, die den Verlauf von den Innenelektroden 3 entsprechend Figur 1 symbolisieren. Die Längsachsen 7 verlaufen im wesentlichen zueinander parallel und schneiden die Linien 8 in einem Winkel  $\alpha$ , der von  $0^\circ$  und  $180^\circ$  verschieden ist. Daraus ergibt sich, daß jede zweite Innenelektrode, welche durch Linien 8 repräsentiert sind, von Bereichen 14 mit im wesentlichen konstanter Schichtdicke d der Außenelektrode 5 kontaktiert werden. Durch kann sichergestellt werden, daß jede zweite Innenelektrode 3 von der Außenelektrode 5 beziehungsweise von Bereichen 14 mit im wesentlichen konstanter Schichtdicke der Außenelektrode 5 kontaktiert werden.

30

35

Figur 5 zeigt in Draufsicht ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine strukturierte Außenelektrode 5. Dabei sind Vertie-

fungen 6 in Form von Kreisen vorgesehen, die ein quadratisches Gitter bilden.

Bei dem Aufbringen der Außenelektrode 5 in Form einer Siebdruckpaste wird üblicherweise eine Siebdruckpaste verwendet, die glasfrittehaltig ist. Diese Glasfritte wird verwendet, um die mechanische Anbindung der Außenelektrode 5 an den Grundkörper 1 zu verbessern. Je nach verwendeter Glasfritte und je nach verwendeter Keramik beziehungsweise abhängig von der Einstellung weiterer Prozeßparameter kann es vorkommen, daß die Glasfritte eine zwischen der Außenelektrode 5 und dem Rand des Grundkörpers 1 liegende, im Bereich der Innenelektroden 3 unterbrochene Zwischenschicht 9 bildet. Bei der Be- trachtung des Problems des Abscherens beziehungsweise des Ab- lösens der Außenelektrode 5 ist die Zwischenschicht 9 aus Glasfritte dem Grundkörper 1 zuzuordnen, so wie es aus Figur 6 hervorgeht. Ablösungsprozesse finden bevorzugt zwischen der Außenelektrode 5 und der Zwischenschicht 9 statt.

Figur 6 zeigt außerdem zwei Kontaktelemente 12, die beispielsweise die Form von dünnen Drähten haben können und die durch Löten mit der Außenelektrode 5 verbunden sind. Bei Verwendung einer PZT-Keramik für die Keramikschichten mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von  $1,5 - 2,0 \times 10^{-6}$  m/mK und bei Verwendung einer Außenelektrode 5 aus Kupfer mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von  $19 \times 10^{-6}$  m/mK ergibt sich durch das Vorsehen der Vertiefungen 6 die Möglichkeit, das Anlöten der Kontaktelemente 12 bei einer Temperatur von zirka 300° C durchzuführen, was die Verwendung von hochschmelzenden Loten, beispielsweise von Pb-basierten Loten erlaubt.

Als Glasfritte kann beispielsweise eine Zusammensetzung verwendet werden, die Bleioxid, Siliziumoxid, Boroxid und gegebenenfalls weitere Bestandteile enthält.

Die vorliegende Erfindung beschränkt sich nicht auf die Verwendung bei Piezoaktoren sondern ist im Prinzip bei allen Vielschichtbauelementen, beispielsweise auch bei Kondensatoren anwendbar.

## Patentansprüche

## 1. Elektrisches Vielschichtbauelement

- mit einem Grundkörper (1)
- 5 - enthaltend einen Stapel (1a) von übereinanderliegenden Keramikschichten (2) und dazwischenliegenden Innenelektroden (3)
- bei dem an einer Seitenfläche (4) des Grundkörpers (1) eine Außenelektrode (5) zur Kontaktierung von Innenelektroden 10 (3) aufgebracht ist,
- die die Form einer Schicht aufweist,
- und bei der wenigstens eine Vertiefung (6) vorgesehen ist.

## 2. Bauelement nach Anspruch 1,

- 15 bei dem die Außenelektrode (5) Bereiche (14) mit im wesentlichen konstanter Schichtdicke (d) aufweist.

3. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
bei dem die Außenelektrode (5) Kupfer enthält.

- 20 4. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
bei dem Keramikschichten (2) piezoelektrisch aktiv sind.

5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
bei dem die Vertiefungen (6) in Form von Gräben mit Längsachsen (7) verlaufen, und  
bei dem die Projektion der Längsachsen (7) auf die außenelektrodenseitige Seitenfläche des Stapels (1a) die Innenelektroden (3) in einem Winkel  $\alpha$  schneiden.

- 30 6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
bei dem mehrere Vertiefungen (6) äquidistant angeordnet sind.

- 7. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
35 bei dem mehrere Vertiefungen (6) gleichmäßig über die Außenelektrode (5) verteilt sind.

8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
bei dem mehrere Vertiefungen (6) eine periodisch wiederkeh-  
rende Struktur bilden.
- 5 9. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
bei dem die Schichtdicke (d) in Vertiefungen (6) ein lokales  
Minimum ( $d_{min}$ ) aufweist.
10. Bauelement nach Anspruch 9,  
11 bei dem  $d_{min}$  maximal 75 % der Schichtdicke (d) beträgt.
11. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
bei dem die Außenelektrode (5) an den Vertiefungen (6) unter-  
brochen ist.
- 15 12. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
bei dem die Außenelektrode (5) in Form einer Siebdruckpaste,  
enthaltend Kupferpulver, aufgebracht ist.
- 20 13. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
bei dem die Vertiefungen (6) eine Breite (b) von mindestens  
200  $\mu\text{m}$  aufweisen.
14. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Vielschicht-  
bauelements mit folgenden Schritten:
  - a) Herstellen eines Grundkörpers (1) enthaltend einen Stapel  
(1a) von übereinanderliegenden Keramikschichten (2) und  
dazwischenliegenden Innenelektroden (3), bei dem an der  
30 Seitenfläche (4) des Grundkörpers (1) eine Außenelektrode  
(5) zur Kontaktierung von Innenelektroden (3) aufgebracht  
ist, die die Form einer Schicht aufweist und bei der we-  
nistens eine Vertiefung (6) vorgesehen ist
  - 35 b) Kontaktieren der Außenelektrode (5) mit einem Kontakttele-  
ment (12) unter Ausüben einer Scherbeanspruchung zwischen

14

der Außenelektrode (5) und der Seitenfläche (4) des Grundkörpers (1).

15. Verfahren nach Anspruch 14,

5 wobei für die Außenelektrode (5) und die Keramikschichten (2) Materialien mit verschiedenen thermischen Ausdehnungskoeffizienten verwendet werden und wobei das Kontaktieren der Außenelektrode (5) mit einem Kontaktelement (12) durch Löten erfolgt.

10

16. Verfahren nach Anspruch 15,

15 wobei für die Außenelektrode Kupfer und für die Keramikschichten eine PZT-Keramik verwendet wird, und wobei zur Kontaktierung der Außenelektrode (5) Drähte durch Löten bei einer Temperatur  $> 200^\circ \text{ C}$  an die Außenelektrode (5) befestigt werden.

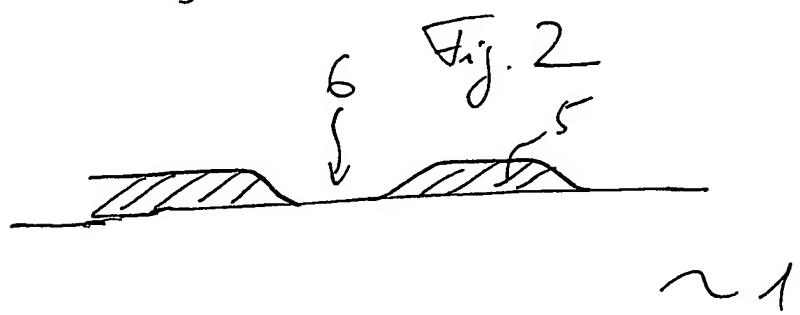
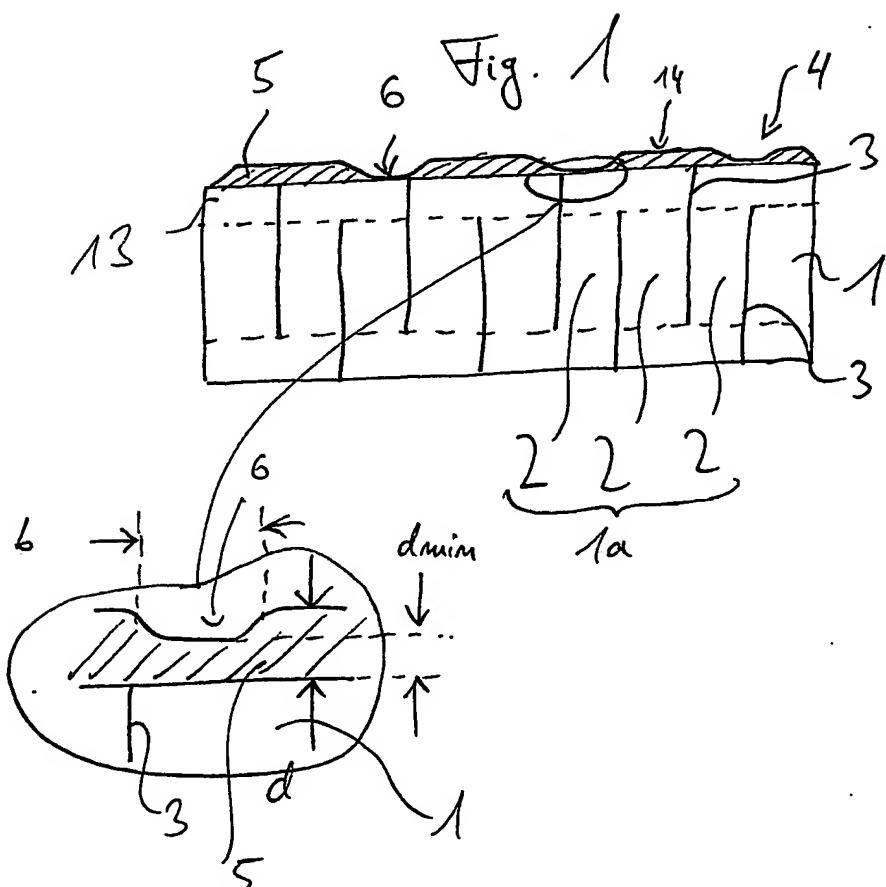
Zusammenfassung

**Piezoaktor mit strukturierter Außenelektrode**

- 5 Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, dessen Außenelektroden (5, 5a, 5b) Vertiefungen (6) aufweist, wodurch Soll-Rißstellen gebildet werden. Aufgrund der Soll-Rißstellen kann die maximal auftretende Scherbeanspruchung reduziert und die Gefahr der Ablösung der Außenelektrode (5) reduziert werden.
- 10 Es wird ferner ein Verfahren zur Herstellung des Piezoaktors angegeben.

Figur 1

P2002,0134 DE E



2002, 0134 DEE

Fig. 3

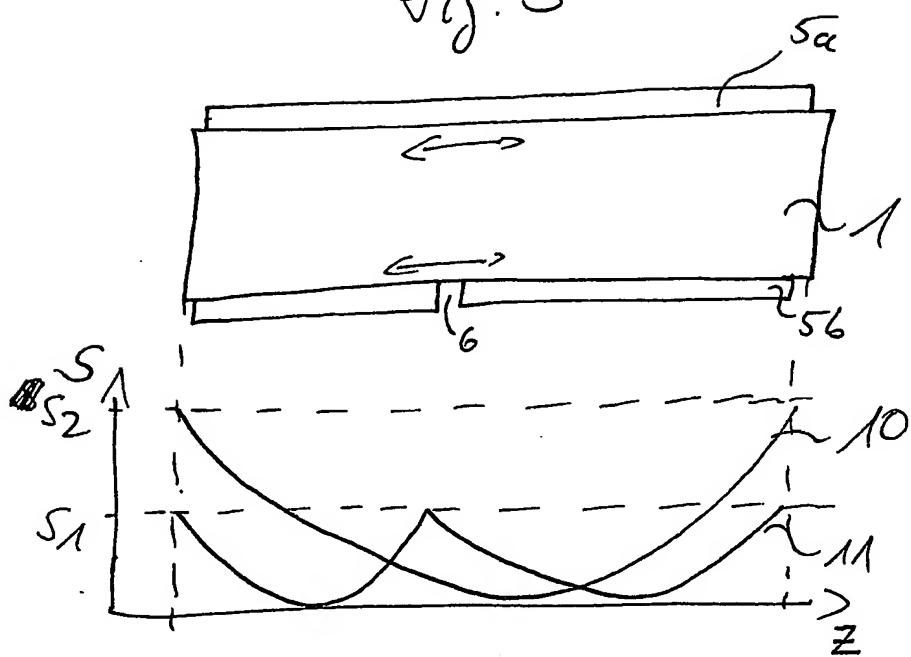


Fig. 47

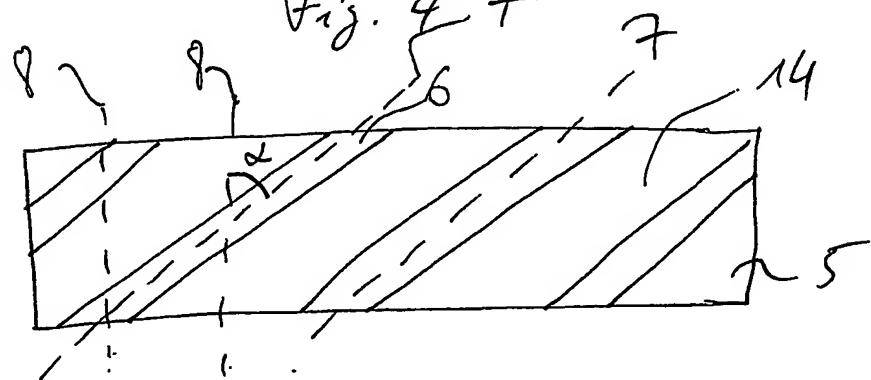
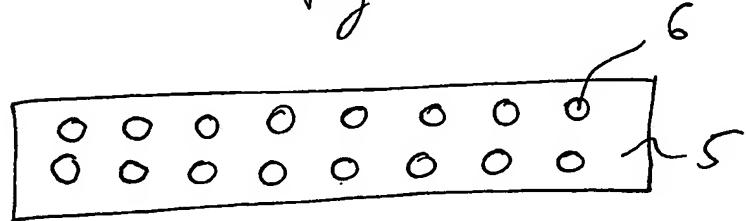


Fig. 5



2002, 0134 DEC

Fig. 6

